



Politechnika
Łódzka



KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW

V OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA KRYSZTAŁKI MOLEKULARNE 2019



Edytor:

Paulina Maczugowska

Wydawca:

KATEDRA FIZYKI MOLEKULARNEJ

Wydział Chemiczny

Politechnika Łódzka

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116

tel. +48 426313205, fax +48 426313218

e-mail: k-32@adm.p.lodz.pl

www.kfm.p.lodz.pl

ŁÓDŹ 2019



Politechnika
Łódzka



KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW

**V OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA
KRYSTAŁKI MOLEKULARNE 2019**

11-13 WRZEŚNIA 2019

ŁÓDŹ



V OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA KRYSZTAŁKI MOLEKULARNE 2019

11-13 WRZEŚNIA 2019

„Kryształki Molekularne” to konferencja nawiązująca tradycją do „Ogólnopolskiej Konferencji Kryształy Molekularne” której początki sięgają 1977 roku. Jej dwudziesta pierwsza edycja została zorganizowana przez Katedrę Fizyki Molekularnej Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej w dniach 3-7 września 2018 roku.

„Kryształki Molekularne”, począwszy od roku 2011, skupiają doktorantów i młodych naukowców podejmujących prace badawcze z zakresu chemii, fizyki oraz inżynierii materiałów. Poza możliwością wysłuchania serii interesujących wykładów, mają oni okazję zaprezentować swoje dotychczasowe dokonania w postaci komunikatów ustnych oraz w ramach sesji plakatowej. Ponadto jest to doskonała okazja, aby wymienić się doświadczeniem wraz z pozostałymi uczestnikami wydarzenia, co może zaowocować nawiązaniem współpracy bądź umocnieniem już istniejącej.

Sponsor konferencji:

Urząd Marszałkowski Województwa Łódzkiego



Organizator:

KATEDRA FIZYKI MOLEKULARNEJ
Wydział Chemiczny Politechniki Łódzkiej

Komitet Naukowy (KFM):

dr hab. inż. Jarosław Jung, prof. PŁ – przewodniczący
dr hab. inż. Marcin Kozanecki, prof. PŁ
dr hab. inż. Piotr Polanowski, prof. PŁ
dr hab. inż. Ireneusz Głowacki
dr hab. inż. Beata Łuszczyńska
dr inż. Adrian Adamski
dr Izabela Bobowska
dr inż. Krzysztof Hałagan
dr Aleksandra Wypych-Puszkarcz
dr inż. Gabriela Wiosna-Sałyga

Komitet Organizacyjny:

mgr inż. Paweł Kubik – przewodniczący
mgr inż. Paulina Maczugowska – zastępca przewodniczącego
mgr inż. Witold Waliszewski
mgr inż. Arkadiusz Selerowicz
mgr inż. Karolina Zielonka
mgr inż. Mateusz Brzeziński

**Program V Ogólnopolskiej Konferencji
Kryształki Molekularne 2019
Łódź 11-13.09.2019**

Środa 11września 2019

| | |
|---------------|--|
| 8:45 – 9:45 | Rejestracja uczestników |
| 9:45 – 10:00 | Otwarcie Konferencji |
| 10:00 – 10:40 | Wykład zaproszony – Ułański P. <i>Kryształki czy supelki? Otrzymywanie, właściwości i zastosowanie usieciowanych makrocząsteczek</i> |
| 10:40 – 11:00 | Czaderna-Lekka A. <i>Procesy relaksacyjne i termiczne w monomerach i oligomerach z grupy metakrylanów eteru metylowego poli(glikolu etylenowego)</i> |
| 11:00 – 11:30 | Przerwa kawowa |
| 11:30 – 11:50 | Wrzezińska A. <i>Badanie właściwości dielektrycznych i dynamiki molekularnej wynikających ze struktury poli(dimetylosiloksanu) usieciowanego przez koordynację metal-ligand</i> |
| 11:50 – 12:10 | Rytel K. <i>Defekty o hybrydyzacji sp^3 indukowane ultrasonikacją w warstwach grafenu turbostratycznego otrzymywanych metodą Langmuira-Schaefera</i> |
| 12:10 – 12:30 | Stachera J. <i>Właściwości mieszaniny ciekłokrystalicznej domieszkowanej barwnikiem dichroicznym</i> |
| 12:30 – 12:50 | Kluza K. <i>Barwniki organiczne i ich zastosowanie w ochronie przeciwkorozyjnej nanostruktur metalicznych</i> |
| 12:50 – 14:00 | Przerwa obiadowa |
| 14:00 – 14:20 | Łuczak A. <i>Drukowane organiczne inwertery napięcia</i> |

| | |
|---------------|--|
| 14:20 – 14:40 | Kubik P. <i>Ultra-elastyczne tranzystory organiczne z efektem polowym</i> |
| 14:40 – 15:00 | Waliszewski W. <i>Wpływ zginania na organiczne tranzystory z efektem polowym na bazie C8-BTBT</i> |
| 15:00 – 15:30 | Przerwa kawowa |
| 15:30 – 16:00 | Sesja plakatowa |
| 19:00 – | Uroczysta kolacja + impreza integracyjna |

Czwartek 12 września 2019

| | |
|---------------|---|
| 10:00 – 10:40 | Wykład zaproszony – Ułański J. <i>New methods of in-situ patterning of OLED emission area</i> |
| 10:40 – 11:00 | Selerowicz A. <i>Transport elektronowy w pochodnych naftalenodiimidów</i> |
| 11:00-11:20 | Wąsiak A. <i>Nowe związki fotochromowe dla fotoniki</i> |
| 11:20 – 11:50 | Przerwa kawowa |
| 11:50 – 12:10 | Zajączkowska H. <i>Elastyczne tranzystory z efektem polowym na bazie kompozytów dielektryk-półprzewodnik</i> |
| 12:10 – 12:30 | Filipczak P. <i>Wpływ temperatury oraz obecności D₂O na wibracyjne właściwości ciekłej wody</i> |
| 13:00 – | Obiad + wycieczka (Łódzka Szkoła Filmowa) |

Piątek 13 września 2019

| | |
|---------------|---|
| 10:00 – 10:40 | Wykład zaproszony – Ślęczkowski P. <i>Badania chiralności w samoorganizujących się układach achiralnych związków organicznych</i> |
| 10:40 – 11:00 | Widelicka M. <i>Wpływ wymiarowości układu wiązań wodorowych na własności optyczne, termiczne i przewodzące bezwodnych przewodników protonowych</i> |
| 11:00 – 11:20 | Maczugowska P. <i>Mikroporowatość poli(metakrylanów eteru metylowego oligo(glikolu etylenowego)) o różnej długości łańcuchów bocznych</i> |
| 11:20 – 11:40 | Kłąb T. <i>Doktorat wdrożeniowy w firmie QWERTY</i> |
| 11:40 – 12:00 | Przerwa kawowa |
| 12:10 – 13:40 | Obrona pracy doktorskiej – Chapran M. <i>Investigation and implementation of novel exciplex emitters in organic light-emitting diodes</i> |
| 13:40 – 14:30 | Przerwa obiadowa |
| 14:30 – 14:50 | Grześkiewicz K. <i>Mechanizm wzrostu kryształów molekularnych z wykorzystaniem efektu Marangoniego</i> |
| 14:50 – 15:10 | Danek M. <i>Wyzwania inżynierii materiałowej w technologii kabli światłowodowych</i> |
| 15:10 – 15:40 | Podsumowanie i zamknięcie Konferencji |

WYKŁADY

KRYSZTAŁKI CZY SUPEŁKI? OTRZYMYWANIE, WŁAŚCIWOŚCI I ZASTOSOWANIA WEWNĘTRZNIE USIECIOWANYCH MAKROCZĄSTECZEK

Piotr Ulański¹, Małgorzata Matusiak¹, Beata Rurarz¹,
Sławomir Kadłubowski¹

*¹Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej, Wydział Chemiczny, Politechnika
Łódzka*

Ul. Wróblewskiego 15, 93-590 Łódź

Czy jedyną formą uporządkowania cząsteczek jest nadanie im struktury krystalicznej? W przypadku polimerów uporządkowanie ma najczęściej formę krystalitów, struktur powstających w wyniku równoległego ułożenia segmentów jednego lub wielu łańcuchów polimerowych. Jeśli jednak próbkę polimeru uda się nam rozpuścić, krystality znikają i mamy do czynienia z nieuporządkowanym roztworem makrocząsteczek przybierających rozmaite nietrwale konformacje. Dla liniowych polimerów o giętkich łańcuchach często jest to konformacja luźnego, dynamicznego kłębka. Kłębki polimerowe są ciekawymi i potencjalnie użytecznymi strukturami, jednak, by móc traktować je jako stabilny materiał do różnych zastosowań, trzeba je najpierw utrwalić, zamrozić niejako, tak, by ich kształt i wielkość nie ulegały zbyt dużym zmianom pod wpływem zewnętrznych bodźców (czyli np. by nie „rozwickały się” do postaci liniowej). Można to zrobić wprowadzając dodatkowe wiązania, najlepiej kowalencyjne, między segmentami tworzącymi kłębek. Strukturę utworzoną przez wewnątrzcząsteczkowe usieciowanie łańcucha polimerowego nazywamy często nanozelem.

Nanozele można otrzymywać na różne sposoby. Oryginalną i coraz bardziej popularną metodą ich syntezy jest sieciowanie makrocząsteczek przy użyciu krótkich impulsów promieniowania jonizującego. Będąca podstawą tej metody wzajemna rekombinacja wielu rodników zlokalizowanych na tym samym łańcuchu polimerowym jest ciekawa z punktu widzenia mechanizmu i kinetyki, ponieważ przebieg tej reakcji zdecydowanie odbiega od klasycznej kinetyki homogenicznej, a do wyjaśnienia obserwowanych efektów potrzeba skojarzenia nowoczesnych metod doświadczalnych i symulacyjnych. Wyzwaniem jest też opanowanie techniki syntetycznej w takim stopniu, by można było otrzymywać nanozele o uprzednio zaplanowanych właściwościach (m.in. masa cząsteczkowa, wymiary, gęstość usieciowania).

Nanożele mają wiele zalet; niewątpliwie należy do nich fakt, że bazując na rozmaitych polimerach można otrzymywać produkty o różnych właściwościach, co z kolei umożliwia przyłączanie różnych cząsteczek nadających nanożelom odpowiednią funkcjonalność. Ich cechy (rozpuszczalność w wodzie, odpowiednie kształty i wymiary, odporność na degradację, możliwość wiązania związków funkcjonalnych) sprawiają, że są one intensywnie badane pod kątem zastosowań medycznych, jako nośniki leków (do ich lokalnego, kontrolowanego dostarczenia do wybranych organów i tkanek), genów w terapii genowej czy radioizotopów do radioterapii. Wykazano na przykład, że otrzymane techniką radiacyjną nanozele z poli(N-winylopirolidonu) modyfikowane kwasem akrylowym są zdolne do przenikania przez barierę krew-mózg i mogą transportować leki hamujące rozwój choroby Alzheimera.

Praca sfinansowana ze środków NCN (2017/25/B/ST4/01110, 2017/27/N/ST4/02536) oraz Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA, grant CRP F22070).

PROCESY RELAKSACYJNE I TERMICZNE W MONOMERACH I OLIGOMERACH Z GRUPY METAKRYLANÓW ETERU METYLOWEGO POLI(GLIKOLU ETYLENOWEGO)

Anna Czaderna-Lekka¹, Krzysztof Piechocki¹, Marcin Kozanecki¹

¹*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź
anna.czaderna-lekka@edu.p.lodz.pl*

W niniejszej pracy dokonano porównania procesów relaksacyjnych w metakrylanach eteru metylowego poli(glikolu etylenowego) o różnej długości łańcucha oligoeterowego (bocznego) oraz liniowych układach modelowych w postaci poli(glikoli) etylenowych. Relaksacje molekularne monitorowano w szerokim zakresie częstotliwości i temperatur za pomocą szerokopasmowej spektroskopii dielektrycznej. Ponadto, za pomocą skaningowej kalorymetrii różnicowej zarejestrowano przemiany termiczne zachodzące w badanych materiałach. Przeprowadzone eksperymenty miały na celu dogłębną analizę i próbę powiązania odpowiednich relaksacji molekularnych występujących w układach monomerów oraz modelowych materiałach liniowych do procesów obserwowanych w usieciowanych radiacyjnie sieciach polimerowych. Dokładna analiza procesów relaksacyjnych występujących w suchych sieciach z poli(metakrylanów oligoeterów) syntezowanych za pomocą indukowanej radiacyjnie polimeryzacji wolnorodnikowej została przedstawiona w pracy^[1].

¹ A. Czaderna-Lekka, K. Piechocki, M. Kozanecki, L. Okrasa, *Impact of oligoether chain lengths on relaxation processes in poly(oligo(ethylene glycol) methyl ether methacrylate) networks synthesized by radiation induced crosslinking polymerization* w recenzji.

BADANIE WŁAŚCIWOŚCI DIELEKTRYCZNYCH I DYNAMIKI MOLEKULARNEJ WYNIKAJĄCYCH ZE STRUKTURY POLI(DIMETYLOSILOKSANU) USIECIOWANEGO PRZEZ KOORDYNACJĘ METAL-LIGAND

**Angelika Wrzeńska^{1,4}, Izabela Bobowska¹, Aleksandra Wypych-
Puszkarz¹, Joanna Gmach², Douglas Syzdek³, Katarzyna Błazewska²,
Jarosław Grobelny⁴, Jacek Ulański¹**

¹*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej, Żeromskiego
116, 90-924 Łódź*

²*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Instytut Chemii Organicznej, Żeromskiego
116, 90-924 Łódź*

³*University of Houston-Downtown, Department of Natural Science, One N Main St,
Houston, TX 77002, USA*

⁴*Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii, Katedra Technologii i Chemii Materiałów,
Pomorska 163, 90-236 Łódź*

angelika.wrzesinska@edu.p.lodz.pl

Dynamicznie rozwijająca się branża organicznej, elastycznej drukowanej elektroniki, determinuje prace zespołów badawczych na całym świecie nad nowymi materiałami o ściśle określonych parametrach elektrycznych, bardzo dobrych właściwościach mechanicznych oraz możliwości ich produkcji za pomocą tanich metod roztworowych.

Głównym celem jest synteza poli(dimetylosiloksanu) (PDMS) usieciowanego przez koordynację metal-ligand oraz badanie jego właściwości elektrycznych za pomocą szerokopasmowej spektroskopii dielektrycznej (BDS) w odniesieniu do zastosowanych soli sieciujących^[1,2].

Zsyntetyzowane materiały mają strukturę elastomerową, a wprowadzenie wiązań koordynacyjnych metal-ligand do sieci łańcuchów PDMS poprawia właściwości dielektryczne z powodu wytworzenia się wiązań o charakterze dipolowym. Rozpoznanie ruchów molekularnych w badanych układach hybrydowych zapewnia monitorowanie relacji struktura-właściwości, co jest przydatne do identyfikacji różnych regionów strukturalnych na podstawie ich charakterystycznej różnej dynamiki. Relaksacje molekularne PDMS mogą być zmienione poprzez organizację przestrzenną, może powstawać tzw. uwieziona faza amorficzna wynikająca z dynamiki fragmentów łańcuchów bezpośrednio przyłączonych do centrum sieciowania, efekt termiczny

powstawania/rozerwania wiązań koordynacyjnych sugerowany w dostępnej literaturze zależy od rodzaju oraz ilości użytego jonu metalu i ligandu. Szczegółowe informacje otrzymane z analizy BDS poli(dimetylosiloksanu) usieciowanego przez koordynację metal-ligand mogą dostarczyć więcej informacji na temat aspektów chemicznych i możliwych zastosowań praktycznych tego rodzaju materiałów.

Podziękowania, finansowanie z projektu „InterChemMed – Interdyscyplinarne studia doktoranckie łódzkich uczelni publicznych”, Oś priorytetowa III. Szkolnictwo wyższe dla gospodarki i rozwoju, Działanie 3.2 Studia doktoranckie, Nr projektu: POWR.03.02.00-00-I029/16.

¹ Y-L Rao et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 2016, 138, 6020–6027.

² Z. H. Williams et al., *Soft Matter*, 2017, 13, 6542.

DEFEKTY O HYBRYDYZACJI sp^3 INDUKOWANE ULTRASONIKACJĄ W WARSTWACH GRAFENU TURBOSTRATYCZNEGO OTRZYMANYM METODĄ LANGMUIRA-SCHAEFERA

K.Rytel¹, M.Widelicka², D. K. Kędzierski¹

¹*Instytut Fizyki, Wydział Fizyki Technicznej, Politechnika Poznańska, Piotrowo 3,
60-965 Poznań*

²*Instytut Fizyki Molekularnej, Polska Akademia Nauk, Smoluchowskiego 17,
60-179 Poznań*

adres@e-mail: karol.t.rytel@doctorate.put.poznan.pl

Transparentne elektrody są szeroko stosowane do budowy urządzeń optoelektronicznych takich jak wyświetlacze ciekłokrystaliczne, ogniwa fotowoltaiczne oraz diody LED. Najczęściej wykorzystywanym materiałem jest tlenek cyny indu (ITO). Technologia produkcji transparentnych elektrod na bazie ITO jest dobrze znana, ale posiada wady ograniczające zastosowanie w nowoczesnych urządzeniach optoelektronicznych. Największymi wadami tego materiału są jego kruchość oraz wysoka cena indu. Celem niniejszych badań jest opracowanie transparentnych, elastycznych elektrod na bazie grafenu, które potencjalnie mogą zastąpić warstwy ITO. W związku z tym, konieczne jest wytworzenie jednorodnych, dobrze przewodzących warstw o niewielkim koszcie.

Zamieszczone zostaną wyniki badań spektroskopii ramanowskiej, przewodnictwa stałoprądowego oraz transmitancji warstw grafenu otrzymanych za pomocą technik Langmuira. Metoda ta gwarantuje wytworzenie niskowymiarowych warstw na powierzchni interfejsu woda – powietrze. Głównym zadaniem badawczym było określenie wpływu sonikacji na strukturę warstw grafenu. Zaprezentowane zostaną rezultaty dla czasów sonikacji na strukturę warstw Langmuira – Schaefera pomiędzy 1 minutą a 2 godzinami. Na podstawie parametrów pasm uzyskanych z danych spektroskopowych podjęto próbę określenia stopnia zdefektowania oraz grubości otrzymanych warstw grafenu. Na podstawie pomiarów transmitancji oraz przewodnictwa elektrycznego obliczono stosunek optycznego do przewodnictwa elektrycznego za pomocą którego określono najbardziej optymalny czas sonikacji.

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki (2016/21/N/ST8/03557).

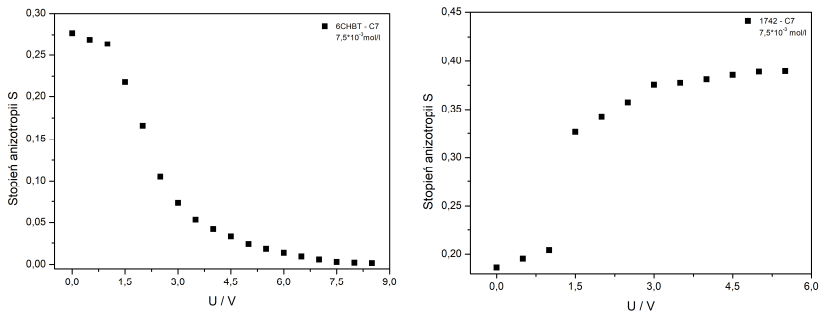
WŁAŚCIWOŚCI MIESZANINY CIEKŁOKRYSTALICZNEJ DOMIESZKOWANEJ BARWNIKIEM DICHROICZNYM

**Justyna Stachera¹, Ewa Chrzumnicka¹, Eryk Wolarz¹, Edyta
Kowalska¹, Karolina Szulc¹**

*¹Politechnika Poznańska, Wydział Fizyki Technicznej, Zakład Mikro – i Nanostruktur,
Piotrowo 3, 60-965, Poznań*

Obecnie otaczają nas technologie, które stale wymagają udoskonaleń oraz jak najmniejszych nakładów pieniężnych. Poszukiwane są materiały o bardzo dobrych właściwościach fizykochemicznych, co bez wątpienia wpływa na atrakcyjność i zaawansowanie, np. elektroniki, fotoniki. Bazę stanowią związki ciekłokrystaliczne, które domieszkowane barwnikami dichroicznymi stanowią atrakcyjny materiał aplikacyjny.

Właściwości optyczne oraz elektryczne zależne są od orientacji molekuł barwnika w matrycy ciekłokrystalicznej. Oddziaływania jakie występują między ciekłym kryształem, a barwnikiem dichroicznym nazywamy efektem „gościa – gospodarza”. Ciekły kryształ wykazuje właściwości samoorganizujące, dlatego barwnik dichroiczny zostaje w nim rozpuszczony. Badania przeprowadzono w dwóch rodzajach matryc: o dodatniej (6CHBT, $\Delta\epsilon > 0$) oraz ujemnej (1742, $\Delta\epsilon < 0$) anizotropii przenikalności dielektrycznej^[1]. Jako domieszki wykorzystano 7 – alkilowej pochodnej kwasu preyleno-3,4,9,10-tetrakarboksylowego (C7). Zmienne pole elektryczne działające na wytworzone komórki elektrooptyczne, wypełnione mieszaninami ciekły kryształ - barwnik wpływały na orientację molekuł. Barwnik umieszczony w danej matrycy ciekłokrystalicznej miał potwierdzić, że może być wykorzystany do wzmocnienia promieniowania elektromagnetycznego emisji wymuszonej^[2].



Rysunek 1. Charakterystyka elektrooptyczna mierzona metodą absorpcji dla matrycy 6CHBT/1742 – C7 o stężeniu $7,5 \cdot 10^{-3}$ mol/l.

Badania finansowane były przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu realizowanego na Wydziale Fizyki Technicznej, Politechnika Poznańska (dawniej:06/65/DSPB/5181).

¹ P. Kula, A. Spadło, J. Dziaduszek, M. Filipowicz, R. Dąbrowski, J. Czub, S. Urban, *Opto – Electronics Review*, 2008, vol. 16, 379 - 385

² A. Adamow, L. Sznitko, E. Chrzumnicka, J. Stachera, A. Szukalski, T. Martyński, J. Myśliwiec, *Scientific Reports*, 2019, vol. 9, 2143-1 – 2143-8

BARWNIKI ORANICZNE I ICH ZASTOSOWANIE W OCHRONIE PRZECIWKOROZYJNEJ NANOSTRUKTUR METALICZNYCH

Kamil Kluz¹, Maroš Halama², Małgorzata Makowska-Janusik¹

¹*Instytut Fizyki, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza
w Częstochowie, Polska*

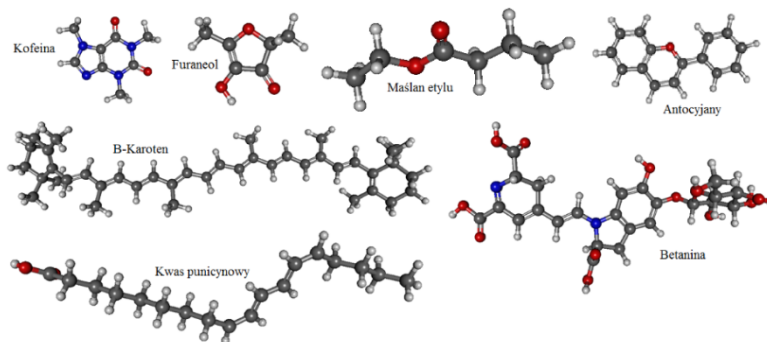
²*Politechnika (TUKE), Wydział Materiałów, Metalurgii i Recyklingu, Koszyce, Słowacja
e-mail: kamil.kluza@ajd.czyst.pl*

Słowa kluczowe: nanostruktury, korozja, inhibitory, obliczenia kwantowo-chemiczne, symulacje komputerowe

Nie ulega wątpliwości fakt, że bardzo istotną rzeczą dla nas jest to co spożywamy. Pokarm składa się między innymi z białka, tłuszczu, węglowodanów. Zawarte są w nim również antyutleniacze mające korzystny wpływ na nasz organizm^[1]. Zalicza się do nich β -karoten, który jest głównym składnikiem marchwi, kwas askorbinowy, którego źródłem są między innymi cytrusy czy maślan etylu zawarty w mango. Wraz z rozwojem cywilizacji organizmy żywe coraz częściej narażone są na kontakt z nanostrukturami metalicznymi lub półprzewodnikowymi. Degradacja tych materiałów prowadzi do tworzenia się wolnych rodników szkodliwych dla organizmów żywych. Korozja nanostruktur jest wszechobecna, i może być spowalniana poprzez zastosowanie inhibitorów zapobiegających ich utlenianiu. Środowisko płynów ustrojowych w ludzkim ciele jest bardzo agresywne dla nanostruktur metalicznych oraz półprzewodnikowych, których degradacja może być spowolniona przez zastosowanie inhibitorów korozji. Barwnikiem zmniejszającym stres oksydacyjny i niewpływającym negatywnie na płyny ustrojowe jest β -karoten, kwas askorbinowy i inne inhibitory organiczne^[2, 3].

Celem niniejszej pracy jest znalezienie biokompatybilnych barwników naturalnych będących dobrymi inhibitorami korozji nanostruktur metalicznych. W tym celu przeprowadzono badania elektrochemiczne używając aparat Parstat 4000, w którym zastosowano elektrody węglowe jako elektrodę odniesienia i pomocniczą, natomiast elektroda robocza była grafitowa. Nanostruktury srebra umieszczono na elektrodzie roboczej. Elektrody umieszczono w roztworze Ringera. Następnie do roztworu dodano ekstrakty kawy, mango, granatu, marchwi, buraka oraz jagód i również wykonano badania elektrochemiczne. Wyniki badań wyłoniły dwie grupy barwników

organicznych. Takie, które nazwano stymulatorami korozji, ponieważ przyspieszały proces degradacji nanostruktur oraz takie, które dobrze zabezpieczały srebro przed korozją nazwane inhibitorami. W celu wyjaśnienia procesów fizycznych zachodzących na powierzchni nanostruktur srebra w obecności inhibitorów i stabilizatorów (Rys. 1) wykonano obliczenia kwantowo-chemiczne ich właściwości elektronowych.



Rys. 1. Struktury barwników organicznych wybranych do pomiarów elektrochemicznych.

Podziękowania:

Pracę zrealizowano w ramach współpracy bilateralnej polsko-słowackiej SK-PL-2015-0040, „Nanotechnologysafety: lifetime of nanoparticles and role of antioxidants on their redox properties”. Obliczenia wykonano we Wrocławskim Centrum Sieciowo-Superkomputerowym, <http://www.wcss.wroc.pl> (Gran no. 171).

Bibliografia:

- ¹ Septembre-Malaterre A., Stanislas G., Douraguia E., Gonthier M. P., *Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruits banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in Réunion French Island*, Food Chemistry, Vol. 212, (2016), pp. 225-233.
- ² Rocha J. C., Gomes J. A., D'elia E., *Aqueous extracts of mango and orange peel as green inhibitors for carbon steel in hydrochloric acid solution*. Mat. vol.17, (2014), pp.1581-1587.
- ³ Delgado-Andrade, Cristina and Morales, Francisco J., *Unraveling the Contribution of Melanoidins to the Antioxidant Activity of Coffee Brews*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 53, (2005), pp. 1403-1407.

DRUKOWANE ORGANICZNE INWERTERY NAPIĘCIA

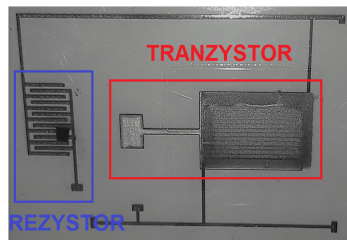
Adam Łuczak¹, Jarosław Jung¹

*Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej
Żeromskiego 116, 90-924, Łódź
adam.luczak@p.lodz.pl*

Elektronika organiczna jest szybko rozwijającą się gałęzią przemysłu. Urządzenia mogą być wytwarzane na elastycznych podłożach, z wykorzystaniem metod roztworowych takich jak np. druk atramentowy. Ze względu na niskie koszty zużycia energii i materiałów metody te są znacznie bardziej efektywne od technik próżniowych stosowanych w elektronice nieorganicznej^[1].

Celem pracy było wykonanie i badanie drukowanych organicznych układów elektronicznych realizujących funkcję negacji logicznej (inwerterów napięcia), które zawierają w swojej strukturze tranzystory i rezystory^[2]. Urządzenia były wytwarzane z wykorzystaniem drukarki Dimatix 2831 metodą nakładania warstwa na warstwę w następującej kolejności: elektroda bramki i ścieżki przewodzące, polimerowy dielektryk, elektrody źródła i drenu oraz półprzewodniki organiczne. Ścieżki przewodzące i elektrody zostały utworzone z użyciem atramentu z zawiesiną nanocząstek srebra.

W celu wybrania półprzewodników wykonane zostały testy starzeniowe tranzystorów z warstwami szeregu różnych półprzewodników organicznych nanoszonych metodą wylewania na wirujące podłoże. Najbardziej odpornym na działanie warunków atmosferycznych był półprzewodnik poli[2,5-(2-oktylododecylo)-3,6-diketopirolopirol-alt-5,5-(2,5-di(tien-2-yl)tieno[3,2-b]tiofen)] (DPP-DTT), dla którego tranzystory nie wykazywały zmian parametrów elektrycznych po wielodniowym przetrzymywaniu ich w komorach klimatycznych.



Rysunek 1. Drukowany inwerter napięcia. Z lewej strony widoczny jest rezystor z warstwą P3HT, a z prawej strony tranzystor z warstwą DPP-DTT. Oba elementy posiadają drukowane elektrody grzebieniowe oraz w przypadku tranzystora dodatkowo drukowane elektrodę oraz dielektryk bramki.

Z kolei półprzewodnikiem, który w kontakcie z powietrzem całkowicie zmieniał swoje właściwości był (3-heksyltiofen-2,5-diył) (P3HT). Tranzystory wytworzone z użyciem tego związku, już po jednej godzinie przebywania w powietrzu, przestawały wykazywać efekt polowy, zaś charakterystyka wyjściowa przyjmowała kształt linii prostej. Oznaczało to, że silnie utlenione P3HT, można było zastosować do wytwarzania rezystorów w inwerterach jedno tranzystorowych.

Drukowanie warstw P3HT o różnej powierzchni pozwoliło na dobór wartości rezystancji oporników. Najlepsze wyniki uzyskano, gdy punkt pracy na przecięciu charakterystyk prądowo-napięciowych rezystora i tranzystora znajdował się w obszarze umożliwiającym osiągnięcie przez inwerter obu stanów logicznych (1 i 0). W wydrukowanych prawidłowo działających urządzeniach osiągnięto następujące wartości stanów logicznych: $0 < 4V$, $1 > 10V$.

¹ J. S. Chang, et al., IEEE Trans. Emerg. Sel. Topics Circuits Syst., 7, 1, 7-26, 2017.

² Ahmad Shahid Khan, *Microwave Engineering: Concepts and Fundamentals*, CRC Press, Boca Raton 2014, 628 – 635.

ULTRAELASTYCZNE, ORGANICZNE TRANZYSTORY Z EFEKTEM POLOWYM OPARTE NA SKONIUGOWANYCH PÓLPRZEWODNIKACH POLIMEROWYCH

Paweł Kubik¹, Witold Waliszewski¹, Adrian Adamski¹,
Tomasz Marszałek^{1,2}, Wojciech Pisula^{1,2}

¹*Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Molekularnej, Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

²*Max Planck Institute for Polymer Research, Ackermannweg 10, 55128 Mainz, Niemcy*

e-mail: pawel.kubik@edu.p.lodz.pl

Dynamiczny rozwój elektroniki organicznej umożliwił wytworzenie nowych urządzeń takich jak elektroniczna skóra mierząca parametry ludzkiego ciała lub elastyczne ekrany^[1]. Do wytworzenia w pełni elastycznych układów elektronicznych niezbędne są między innymi elastyczne tranzystory. Kluczowe jest to, by tranzystory te zachowywały swoje parametry pracy nawet po wielokrotnym odkształceniu. Wytworzenie takich tranzystorów umożliwiając skoniugowane polimery półprzewodzące, o wysokiej ruchliwości ładunków elektrycznych oraz wysokiej odporności mechanicznej^[1,2]. Niemniej jednak, odkształcenia mechaniczne powodują naprężenia w warstwie półprzewodnika, prowadząc tym samym do zmian w jego morfologii oraz mikrostrukturze. Zmiany te mogą utrudnić transport nośników ładunku w tranzystorach, pogarszając tym samym ich wydajność^[2]. W celu zbadania wpływu naprężeń mechanicznych na właściwości elektryczne, wykonuje się testy wytrzymałości mechanicznej poprzez umieszczenie tranzystora na poprzednio rozciągniętym elastomerze. Przy zmniejszeniu naprężenia elastomeru następuje poprzeczne zmarszczenie próbki. Test ten umożliwia wytworzenie bardzo małych zmarszczek na próbce o mikrometrowych promieniach, powstających poprzez jednoosiową kompresję elastycznego podłoża na którym umieszczona jest próbka^[3,4].

Prezentowana praca przedstawia badania wpływu odkształceń mechanicznych na właściwości elektryczne tranzystorów opartych na półprzewodniku polimerowym DPP-DTT (ang. Poly[2,5-(2-octyldodecyl)-3,6-diketopyrrolopyrrole-alt-5,5-(2,5-di(thien-2-yl)thieno[3,2-b]thiophene)]). Podczas deformacji, poprzeczne pofałdowanie próbki występujące na całym urządzeniu wraz z kanałem przewodzącym tranzystora. Tranzystory zostały wytworzone w konfiguracji górnych elektrod źródła i drenu oraz dolnych

elektrod bramki (ang. BGTC bottom gate - top contact). Obecność warstwy przewodzącej na górze próbki umożliwiło jej maksymalną ekspozycję na naprężenia mechaniczne. Jako podłoże oraz warstwa dielektryczna tranzystora zostały zastosowane warstwy Parylenu C o grubości 1 μm . Grubość całkowita urządzenia nie przekracza 2,2 μm , zapewniając wysoką elastyczność. Cienka warstwa aktywna została wytworzona poprzez naniesienie roztworu półprzewodnika DPP-DTT na wirujące podłoże. Zmierzone zostały następujące parametry pracy tranzystora w funkcji naprężeń mechanicznych przyłożonych do próbki:

- napięcie progowe, określające napięcie przy którym tranzystor włącza się
- stosunek prądu włączenia do wyłączenia tranzystora „on/off”
- ruchliwość nośników ładunków przepływających pomiędzy elektrodami źródła i drenu.

Praca została wykonana dzięki finansowaniu z projektu NCN UMO2015/18/E/ST3/00322

¹ K. Fukuda, Y. Takeda, Y. Yoshimura, R. Shiwaku, L. Truc Tran, Nat. Comm., 2014, 5, 4147

² A. Loi, L. Basiricò, P. Cosseddu, S. Lai, M. Barbaro, A. Bonfiglio, P. Maiolino, E. Baglini, S. Denei, F. Mastrogiovanni, G. Cannata, Ieee Sensors Journal, 2013, vol. 13, NO. 12, 4764- 4765

³ R. Nur, N. Matsuhisa, Z. Jiang, M.O. Goni Nayeem, T. Yokota, T. Someya, Nano Lett. 2018, 18, 5610–5617

⁴ M. Kaltenbrunner, T. Sekitani, J. Reeder, T. Yokota, K. Kuribara, T. Tokuhara, M. Drack, R. Schwo Diauer, I. Graz, S. Bauer-Gogonea, S. Bauer, T. Someya, 2013, Nature, 499, 458–463

WPLYW ZGINANIA NA ORGANICZNE TRANZYSTORY Z EFEKTEM POLOWYM NA BAZIE C8-BTBT

Witold Waliszewski¹, **Adrian Adamski¹**, **Paweł Kubik¹**, **Andrzej Nosal³**,
Maciej Gazicki-Lipmann³, **Tomasz Marszałek^{1,2}**, **Wojciech Pisula^{1,2}**

¹*Katedra Fizyki Molekularnej, Politechnika Łódzka, ul. Żeromskiego 116, Łódź, Polska*

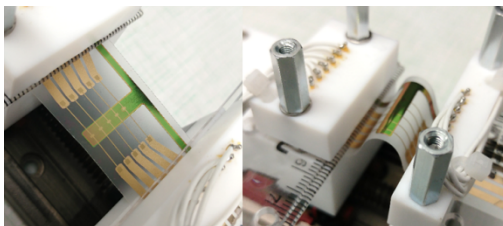
²*Instytut Maxa Plancka ds. Badań Polimerów, Ackermannweg 10, Moguncja, Niemcy*

³*Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Łódzkiej, ul. Stefanowskiego 1/15, Łódź, Polska*

E-mail.: (801011@edu.p.lodz.pl)

Organiczne tranzystory z efektem polowym są od kilku dekad tematem badań ze względu na ich unikalne właściwości pozwalające na budowę tanich, giętkich czy rozciągalnych układów elektronicznych. Możliwe zastosowania należą do dziedziny zarówno produktów konsumenckich jak i zastosowań w medycynie^[1]. Opracowano wiele nowych półprzewodników małowymiarowych takich jak np. 2,7-dioctyl[1]benzothieno[3,2b][1]benzothiophene (C8-BTBT) pozwalający osiągnąć ruchliwości ładunku przekraczające 10 [cm²/(V·s)] dla urządzeń przygotowywanych roztworowo oraz na giętkich podłożach^[2,3]. Pomimo wielu grup naukowych badających giętką elektronikę, do dzisiaj nie powstały ujednolicone metody testowania odporności tych urządzeń na zginanie.

W prezentacji przedstawiona zostanie metoda pozwalająca na ilościowe określenie zgięcia tranzystora oraz serię wyników dla tranzystorów o różnej architekturze, wszystkie bazujące na C8-BTBT. Eksperyment został wykonany na własnoręcznie wykonanym urządzeniu pomiarowym (zdjęcie 1). Zarówno tranzystory przygotowane metodą roztworową jak i naporowywaniem termicznym po zmniejszonym ciśnieniu zostały wykonane z warstwą dielektryczną Parylenu-C, który został wykorzystany do zakapsułkowania jednej z serii próbek. Całościowa grubość próbek wahała się od 2 μm do 10 μm. Działanie urządzeń podczas zgięcia oraz punkt zniszczenia mocno zależały od architektury tranzystora.



Zdjęcie 1. Próbką z 50cioma tranzystorami z warstwą aktywną C8-BTBT podczas testu wyginania a) próbka płaska przed wygięciem oraz b) próbka zgięta.

Praca była częściowo finansowana w ramach projektu Narodowego Centrum Nauki „Sonata” NCN UMO-2-15/18/E/ST3/00322

¹ Liu, Y., Pharr, M., & Salvatore, G. A. (2017). Lab-on-Skin: A Review of Flexible and Stretchable Electronics for Wearable Health Monitoring. *ACS Nano*, 11(10), 9614–9635. doi:10.1021/acsnano.7b04898

² Ren, H., Cui, N., Tang, Q., Tong, Y., Zhao, X., & Liu, Y. (2018). High-Performance, Ultrathin, Ultraflexible Organic Thin-Film Transistor Array Via Solution Process. *Small*, 14(33), 1801020. doi:10.1002/sml.201801020

³ Pérez-Rodríguez, A., Temiño, I., Ocal, C., Mas-Torrent, M., & Barrena, E. (2018). Decoding the Vertical Phase Separation and Its Impact on C8-BTBT/PS Transistor Properties. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 10(8), 7296–7303. doi:10.1021/acсами.7b19279

NEW METHODS OF IN-SITU PATTERNING OF OLED EMISSION AREA

Amruth C¹, Wassima Rekab¹, Beata Luszczynska¹, **Jacek Ulanski¹**

¹ *Department of Molecular Physics, Lodz University of Technology,
90-924, Lodz, Poland*

Email: jacek.ulanski@p.lodz.pl

In spite of tremendous progress in synthesis of new, solution processable materials suitable for printed organic electronics^[1], this technique still remains as an unfulfilled promise and cannot overcome laboratory scale. Among different not solved yet problems, there are technological challenges related to printing techniques, such as difficulties with controlling morphology and geometry of printed active layers in a reproducible way; lack of efficient, industrial scale technology of assembling organic and inorganic components into working, functional electronic devices; difficulties in fabrication by printing multilayer structures.

In this work we demonstrate new approach to the inkjet printing technique, which is perhaps the most promising method among solution processable techniques for manufacturing of low-cost and high resolution Organic Light Emitting Diodes based displays^[2,3]. The film formation process is analyzed and we present the comprehensive study of OLEDs with the inkjet printed TADF-based emissive layers^[4] and the electron injection layers^[5]. We have elaborated stable ink formulations suitable for industrial grade printing. The possibility of inkjet printing of efficient emissive layers or electron injection interlayers enables patterning of the emission area of OLEDs; an example is shown in Fig. 1. Such simple technique for patterning emission area can be applied to a wide range of printed displays such as signage, advertisings

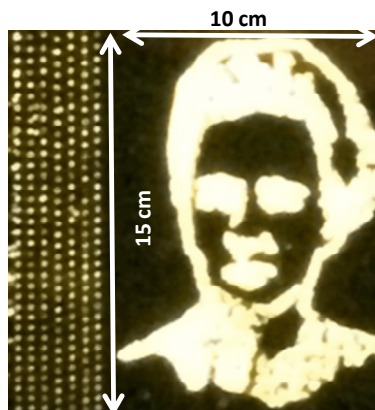


Fig. 1 Printed OLED with portrait of Marie Skłodowska-Curie.

or smart packaging and, in our opinion, it is an important step towards printed electronics on industrial scale.

ACKNOWLEDGMENTS:

This work was supported by the grants: 674990 EXCILIGHT - H2020-MSCA-ITN-2015; 33 0355/PnH/2016 – MNiSW, Poland; TANGO2/340019/NCBR/2017 – NCBR, Poland.

REFERENCES:

- ¹ B. Luszczynska, K. Matyjaszewski and J. Ulanski (Eds); *Mobile Robots* **8** (2001) pp. 520-531.
- ² A. C, B. Luszczynska, B. G. R. Dupont and Z. Sieradzki, *Display and Imaging*, **2** (2017) pp. 339–358.
- ³ A. C, M. Z. Szymanski, B. Luszczynska, J. Ulanski, *Sci. Reports*, **9** (2019), 8493
- ⁴ A. C, B. Luszczynska, M. Z. Szymanski, J. Ulanski, K. Albrecht, K. Yamamoto, *Org. Electron*, **74** (2019) 218-227
- ⁵ J. Ulanski, B. Luszczynska, A. C, J. Ulanski, *Method of OLED fabrication*, Polish Patent application nr: 430487 (2019)

TRANSPORT ELEKTRONOWY W POCHODNYCH NAFTALENODIIMIDÓW

Arkadiusz Selerowicz¹, Jarosław Jung¹, Anna Stefaniuk-Grams¹,
Małgorzata Zagórska²

¹ Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej
ul. Żeromskiego 116, 90-924, Łódź,

² Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii i Technologii
Polimerów, ul. Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa.

E-mail: 164047@edu.p.lodz.pl

Obecnie policykliczne węglowodory aromatyczne stanowią bardzo znaczącą i liczną część materiałów stosowanych w elektronice organicznej. Właściwości związków z tej grupy odpowiedzialne za ich oddziaływanie ze światłem były poznane i badane długo przed powstaniem nowoczesnej elektroniki organicznej^[1]. W ostatnich latach w organicznej fotowoltaice jako akceptory elektronów stosowano głównie pochodne fulerenów^[2]. Obecnie coraz częściej pojawiają się doniesienia o wysoce wydajnych ogniwach fotowoltaicznych zawierających związki inne niż pochodne fulerenów^[3]. Należą do nich pochodne naftaleno- i peryleno-diimidów, z pośród których związki o nazwach N,N'-Bis(sec-butylo)-1,4,5,8-naftalenotetrakarboksylo-1,4:5,8-bisimid (NBI-s-Bu) i N,N'-Bis(4-n-heksyloksyfenylo)-1,8:4,5-naftalenotetrakarboksylo-1,4:5,8-bisimid (NBI-4-n-OHePh) zostały wykorzystane do wytwarzania organicznych tranzystorów z efektem polowym^{[4][5]}.

W pracy przedstawiono wyniki badań transportu nośników ładunku w cienkich warstwach wykonanych z małowcząsteczkowych pochodnych NBI-s-Bu i NBI-4-n-OHePh. Z zastosowaniem metody fotoindukowanego zaników potencjału powierzchniowego zbadano fotoprzewodnictwo i wykazano, że ruchliwość elektronów znacznie przewyższa ruchliwość dziur. Przeprowadzono również pomiary charakterystyk prądowo-napięciowych w układach NBI-s-Bu i NBI-4-n-OHePh z elektrodami aluminiową oraz tlenku cyny indu, które w różnym stopniu utrudniały iniekcję elektronów do półprzewodników. Na podstawie uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz wykorzystując model przepływu prądów unoszenia i dyfuzji, wyznaczono ruchliwość nośników ładunku oraz wysokości barier energetycznych na wstrzykiwanie ładunków z elektrod.

- ¹ M. Volmer, *Ann. Physik*, 1913, 40, 775.
- ² M. T. Dang , L. Hirsch , G. Wantz, *Advanced Materials*, 2011, 23, 3597-3602
- ³ J. Hou, O. Inganäs, R. H. Friend, F. Gao, *Nature Materials*, 2018, 17, 119-128.
- ⁴ I. Frąc, M. Kucińska, P. Gawryś, M. Zagórska, W. Maniukiewicz, A. Nosal et al. *Synthetic Metals*. 2016, 220, 194-201.
- ⁵ R. Rybakiewicz, I. Tszedel, J. Zapala, L. Skórka, D. Wamil, D. Djurado et al. *RSC Advances*. 2014, 4, 14089-14100

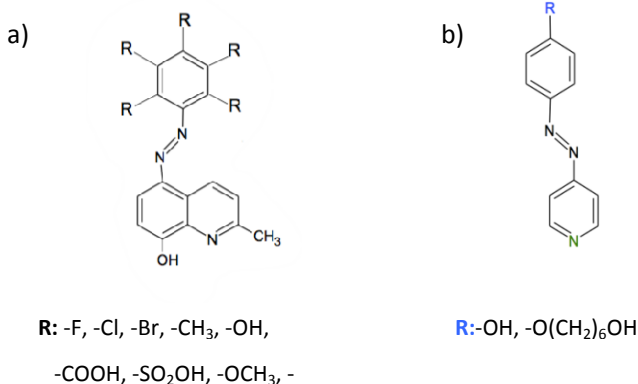
NOWE ZWIĄZKI FOTOCHROMOWE DLA FOTONIKI

Anna Wąsiak¹

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny,
Katedra Inżynierii i Modelowania Materiałów Zaawansowanych,
wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Intensywny rozwój fotoniki oraz optoelektroniki skłania do poszukiwania nowych, wydajnych materiałów fotoaktywnych, takich jak materiały fotochromowe. Zastosowanie tych związków determinowane jest przez parametry reakcji fotochromowej: wydajność, stałą szybkości reakcji *cis-trans* oraz *trans-cis*.

Badaniom poddano dwie grupy związków fotochromowych (łącznie dwadzieścia nowych struktur), których wzory ogólne przedstawiono na **Rys.1**.



Rys. 1. Wzory ogólne zbadanych związków: azowe pochodne a) chinoliny b) pirydyny.

Wyznaczono stałe szybkości reakcji ciemnego powrotu oraz wydajności reakcji. W wybranym układzie molekularnym zapisano siatki dyfrakcyjne poprzez zastosowanie techniki holografii dynamicznej. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że budowa chemiczna związku, długość fali promieniowania wzbudzającego oraz polarność rozpuszczalnika ściśle wpływają na parametry reakcji fotochromowej. Uzyskane wyniki porównano z danymi literaturowymi^{[1][2]}.

Poznanie zależności między budową związku chemicznego, a zjawiskiem fotochromii pozwoli na świadomą modyfikację materiałów pod kątem pożądaných aplikacji.

Badania i udział w Konferencji zostały sfinansowane ze środków Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej.

¹ J. García-Amorós, D. Velasco, *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 2012, 8, 1003–1017

² J. Garcia-Amorós, M. Diaz-Lobo, S. Nonell, D. Velasco, *Angewandte Chemie - International Edition*, 2012, 51, 12820-1282

ELASTYCZNE TRANZYSTORY Z EFEKTEM POLOWYM NA BAZIE KOMPOZYTÓW DIELEKTRYK-PÓŁPRZEWODNIK

Hanna Zajączkowska¹, Wojciech Pisula^{1,2}, Paul W.M. Blom²,
Tomasz Marszałek^{1,2}

¹ *Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź*

² *Max Planck Institute for Polymer Research
Ackermannweg 10, 55128 Mainz, Niemcy*

E-mail: hanna.makowska@edu.p.lodz.pl

Ze względu na rosnące zapotrzebowanie do zastępowania urządzeń na bazie krzemu, tanimi, elastycznymi i bardziej przyjaznymi dla środowiska komponentami, znacznie wzrasta zainteresowanie elektroniką organiczną. Atrakcyjne dla tych nowatorskich technologii wydają się organiczne półprzewodniki i dielektryki, posiadają duży potencjał w zakresie tworzenia lekkich i rozciągliwych obwodów elektrycznych. Pomimo obecnie prowadzonych badań i prac nad rozwojem elastycznych urządzeń, niezbędne jest głębsze zrozumienie związku między morfologią cienkich warstw, a transportem nośników ładunku w organicznych tranzystorach z efektem polowym (OFET).^[1,2]

W niniejszej pracy opisano jedną z metod wytwarzania ultracienkich, elastycznych tranzystorów organicznych. Metoda ta opiera się na wytwarzaniu warstw z mieszaniny dielektryka polimerowego (polistyren - PS) i półprzewodnika organicznego (tips-pentacen). W pracy przedstawiono wpływ masy cząsteczkowej PS i procesu wygrzewania warstw w oparach rozpuszczalnika, na rozdział komponentów i właściwości elektryczne OFET. Proces osadzania został zoptymalizowany tak, aby zintensyfikować rozdział faz: tips-pentacen i PS, dzięki czemu polimer pełni jednocześnie rolę elastycznego podłoża i warstwy dielektrycznej. Za pomocą mikroskopii optycznej oraz mikroskopii sił atomowych wykazano różnice w morfologii w zależności od masy PS. Dzięki spektrometrii mas jonów wtórnych z analizatorem czasu przelotu (TOF-SIMS) możliwe było zbadanie rozkładu komponentów w warstwie i opisanie rozdziału faz. Na koniec porównano właściwości elektryczne tranzystorów wykonanych z mieszanin z urządzeniami z naporowanym próżniowo półprzewodnikiem. Wykazano, że urządzenia wykonane z mieszanin metodami roztworowymi charakteryzują się

porównywalnymi parametrami, takimi jak ruchliwość nośników ładunku, z urządzeniami wytworzonymi na standardowych podłożach Si/SiO₂ z naporowanym termicznie tips-pentacenenem.

Badania realizowane są w ramach programu FIRST TEAM Fundacji na rzecz Nauki Polskiej - „Self-standing, flexible and solution processable organic field effect transistors for complementary inverter applications” - umowa numer POIR.04.04.00-00-3ED8/17-00.

¹T. Someya, Z. Bao, G.G. Malliaras, *Nature*, 2016, 540, 379-385.

²K. Fukuda, T. Someya, *Advanced Materials*, 2016, 29, 1602736.

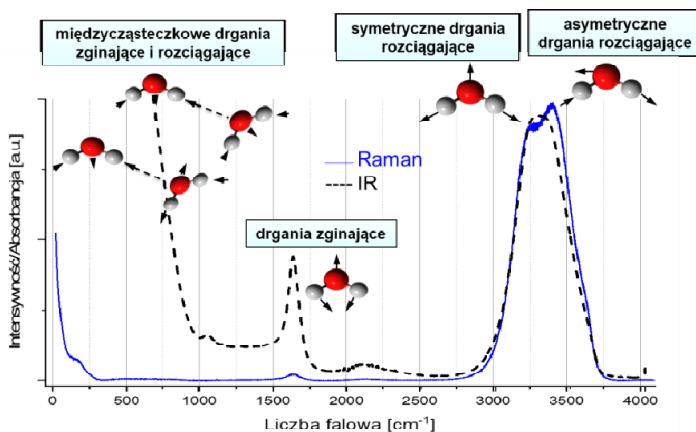
WPLYW TEMPERATURY ORAZ OBECNOŚCI D₂O NA WIBRACYJNE WŁAŚCIWOŚCI CIEKŁEJ WODY

Paulina Filipczak¹, Marcin Kozanecki¹

¹ Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

E-mail: paulina.filipczak@edu.p.lodz.pl

Woda jest najbardziej rozpowszechnioną substancją na świecie, jednakże nadal nieznana jest jej dokładna struktura.^[1] Jest wiele modeli struktury ciekłej wody, podzielonych na dwie główne grupy: modele o strukturze ciągłej - geometrycznych i energetycznych stanach (zakłada się strukturę tetrahedralną cząsteczek wody) oraz modele wody, jako mieszaniny stanów dyskretnych – klastrów. Ciężko jest wybrać jeden poprawny z pośród nich, ponieważ przestrzenna sieć wiązań wodorowych w ciekłej wodzie posiada cechy obydwu grup.^[2] Spektroskopia wibracyjna (spektroskopia absorpcyjna z zakresu podczerwieni, Ramana) jest najczęściej używaną techniką do analizy struktury wody oraz oddziaływań międzycząsteczkowych w układach wodnych. Rysunek 1. przedstawia widma Ramana oraz podczerwieni ciekłej wody.



Rysunek 1. Widmo wibracyjne wody: Ramana oraz podczerwieni.

Prowadzone badania skupiają się nad analizą wpływu temperatury oraz obecności ciężkiej wody na strukturę ciekłej wody oraz jej dynamikę wibracyjną. Analiza wykonana została przy pomocy spektroskopii Ramana oraz absorpcyjnej w zakresie podczerwieni.

Badania sfinansowano z grantu Narodowego Centrum Nauki PRELUDIUM, umowa nr UMO-2017/25/N/ST4/01125.

¹ P. Ball, *Nature*, 2008, 452, 291-292.

² N.A. Chumaevskii, M.N. Rodzinkova, *Journal of Molecular Liquids*, 2011, 109, 2433-2441

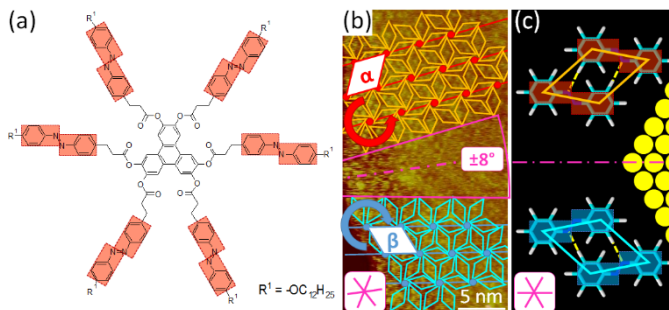
BADANIA CHIRALNOŚCI W SAMOORGANIZUJĄCYCH SIĘ UKŁADACH ACHIRALNYCH ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH

Piotr Ślęczkowski¹

¹ *Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej
ul. Żeromskiego 116, 90-924, Łódź*

Zjawiska samoorganizacji cząsteczek organicznych na atomowo płaskich podłożach są jednym z najważniejszych obiektów badań w dziedzinie fizykochemii powierzchni na przestrzeni ostatniej dekady^[1]. Adsorpcja pojedynczych molekuł, lub ich klastrów, może prowadzić do powstawania monowarstw o charakterze polimorficznym, czy też wykazującym różne stopnie uporządkowania tektonów. Związana z tym zjawiskiem redukcja wymiarowości systemu z 3D do 2D, czyli złamanie trójwymiarowej symetrii stwarza ponadto warunki do występowania chiralności 2D, zarówno na poziomie pojedynczych zaadsorbowanych molekuł nieposiadających centrum chiralnego, jak i dla kryształów czy całych monowarstw przez nie formowanych^[2].

Podczas wykładu przedstawione zostaną eksperymentalne wyniki skaningowej mikroskopii tunelowej (STM) na granicy ciało stałe/ciecz, dotyczące samoorganizacji niechiralnych trifenylenów zawierających peryferyjnie podstawione ugrupowania azobenzenowe. W przykładzie tym wykazane zostanie iż wiodącym oddziaływaniem międzycząsteczkowym prowadzącym do samoorganizacji molekuł w monowarstwy jest wiązanie wodorowe, które jest promowane przez metaliczne podłoże Au(111)^[3], a występująca w tym przypadku na wielu poziomach organizacji chiralność 2D jest odzwierciedleniem prochiralnego charakteru ugrupowania azobenzenowego.



Schemat 1. (a) Wzór strukturalny badanego związku **C-12** z jednakowo ułożonymi ugrupowaniami azobenzenowymi. (b) Obraz STM monowarstwy **C-12** zaadsorbowanej na granicy faz 1,2,4-trichlorobenzen/Au(111), pokazujący współistnienie domen o dwóch znakach chiralności, α i β , zaznaczonych na odpowiednio na czerwono oraz niebiesko; $I_t = 11$ pA, $V_t = 250$ mV. (c) Schematycznie przedstawione modele dimerów typu (R:R)/(L:L) tworzonych przez azobenzeny, występujące odpowiednio w domenach α i β .

¹ T. Kudernac, S. Lei, J. A. A. W. Elemans, S. De Feyter, *Chem. Soc. Rev.*, 2009, 38, 402-421.

² S. M. Barlow, R. Raval, *Surf. Sci. Rep.*, 2003, 50, 201-341.

³ P. Sleczkowski, Y. J. Dappe, B. Croset, Y. Shimizu, D. Tanaka, R. Minobe, K. Uchida, E. Lacaze, *J. Phys. Chem C*, 2016, 120, 22388-22397.

WPLYW WYMIAROWOŚCI UKŁADU WIĄZAŃ WODOROWYCH NA WŁASNOŚCI OPTYCZNE, TERMICZNE I PRZEWODZĄCE BEZWODNYCH PRZEWODNIKÓW PROTONOWYCH

Małgorzata Widelička¹, Katarzyna Pogorzelec-Glaser¹,
Paweł Ławniczak¹, Andrzej Łapiński¹

¹ *Instytut Fizyki Molekularnej PAN,
Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań*

E-mail: malgorzata.widelička@ifmpan.poznan.pl

Przewodniki protonowe znajdują zastosowanie m.in. jako stałe elektrolity w urządzeniach elektrochemicznych służących do magazynowania jak i produkcji energii w ogniwach paliwowych, elektrolizerach i konwerterach CO₂^[1]. Rozwój ogniw paliwowych jest istotną kwestią w dziedzinie transportu, ze względu na potrzebę zastosowania ekologicznych źródeł energii nie generujących zanieczyszczeń. Szacowana wydajność takich ogniw w pojazdach wynosi co najmniej 65%, co przewyższa wartości osiągnięte w tradycyjnych pojazdach^[2]. Komórki paliwowe w sposób bezpośredni zamieniają energię chemiczną na elektryczną bez procesów spalania i emisji szkodliwych substancji. Produktem ubocznym reakcji pracy komórki jest woda i ciepło. Obecnie, wykorzystywane są ogniwa paliwowe w których mechanizm przewodzenia związany jest ze zjawiskiem hydratacji. Wyzwaniem w technologii jest zapewnienie odpowiedniej wilgotności i ograniczenie temperatury pracy do 100°C^[3]. Alternatywą dla tego typu rozwiązań są bezwodne elektrolity stałe, które są przedmiotem naszych badań.

Do badań wybrano sześć przewodników protonowych. Są to sole kwasów dikarboksylowych: kwasu szczawiowego oraz kwasu malonowego z heterocyklicznymi cząsteczkami amfoterycznymi (pirazolem, imidazolem oraz 1,2,4-triazolem). Otrzymane związki charakteryzują się różną wymiarowością sieci wiązań wodorowych. W pracy poszukuje się zależności pomiędzy wymiarowością sieci wiązań wodorowych, a własnościami fizycznymi przewodników protonowych. Przy zastosowaniu analizy topologicznej obliczono energię wiązań wodorowych występujących w układach. Wielkość tę skorelowano z położeniami pasm drgań rozciągających wiązania wodorowe w podczerwieni, jak i z długością wiązań wodorowych. Ponadto, na podstawie przesunięcia izotopowego pasm

w podczerwieni określono kształt studni potencjału badanych wiązań wodorowych. Na podstawie analizy powierzchni Hirshfelda określono procentowy udział poszczególnych oddziaływań w każdej cząsteczce i objętość pustych przestrzeni przypadającą na komórkę elementarną. Parametry te zostały zestawione z wynikami uzyskanymi eksperymentalnie: temperaturą degradacji termicznej, energią aktywacji przewodnictwa oraz przewodnością. W celu określenia wpływu wymiarowości sieci wiązań wodorowych na stabilność termiczną i przewodnictwo elektryczne zestawiono wyniki badań z wynikami uzyskanymi przez inne laboratoria na świecie.

¹ P. Knauth, M.L. di Vona, Solid state proton conductors: properties and applications in fuel cells, John Wiley & Sons Ltd., 2012.

² G. Wang, Y. Yu, H. Liu, C. Gong, S. Wen, X. Wang, Z. Tu, Fuel Processing Technology, 2018, 179, 203–228.

³ B.C.H. Steele, A. Heinzl, Nature, 2001, 414, 345–352.

MIKROPOROWATOŚĆ POLI(METAKRYLANÓW OLIGO GLIKOLU ETYLENOWEGO) O RÓŻNEJ DŁUGOŚCI ŁAŃCUCHA BOCZNEGO

Paulina Maczugowska¹, Krzysztof Piechocki¹, Kordian Chamerski²,
Jacek Filipecki², Marcin Kozanecki¹

¹ Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Molekularnej, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

² Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza,
Instytut Fizyki, ul. Armii Krajowej 13/15, 42-294 Częstochowa

E-mail: marcin.kozanecki@p.lodz.pl

Metakrylany eteru metylowego poli(glikolu etylenowego) o różnej długości łańcucha oligoeterowego (bocznego) stanowią nową klasę materiałów polimerowych. Polimery te ze względu na swoją nietoksyczność oraz wykazywanie biouzgodności z tkankami organizmów żywych mogą być z powodzeniem stosowane w medycynie. Ich unikalną cechą stanowi zdolność długich łańcuchów bocznych do tworzenia uporządkowanych struktur krystalicznych. Dzięki temu mogą one stanowić nowego rodzaju samokompozyty. Istotne dla badań nad tą grupą materiałów jest więc dokładne poznanie ich stopnia uporządkowania^[1].

Celem niniejszej pracy jest określenie mikroporowatości (w skali nanometrycznej) sieci polimerowych Poli(metakrylanów eteru metylowego oligo(glikolu etylenowego)) o różnej długości łańcuchów bocznych. Do określenia wielkości porów zastosowano pomiary techniką PALS (Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy), a następnie uzyskane wyniki odniesiono do wyników symulacji uzyskanych metodami dynamiki molekularnej. Wyniki uzyskane powyższymi metodami wykazują dobrą zgodność na poziomie jakościowym. Zaobserwowano, iż dla układów o krótkich łańcuchach bocznych i braku tendencji do krystalizacji średnia wielkość mikroporów rośnie wraz z długością łańcucha bocznego. Trend ten jednak ulega zmianie dla układów posiadających długie grupy boczne, gdzie wraz ze wzrostem długości grup oligo(glikolu etylenowego) średnia wielkość porów maleje wraz ze wzrostem długości tych grup. Przypuszczalnie zjawisko to jest związane ze zdolnością do krystalizacji i możliwością lepszego upakowania długich łańcuchów bocznych.

¹ Piechocki K., Kozanecki M., Kadłubowski S., Pacholczyk-Sienicka B., Ułański P., Biela T., *Polymer* (2018), 150, 275-288

DOKTORAT WDROŻENIOWY W FIRMIE QWERTY

Tomasz Kłąb¹, Beata Łuszczynska¹, Zbigniew Sieradzki²,
Jacek Ulański¹

¹ Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Molekularnej ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

² QWERTY sp. z o. o., ul. Siewna 21, 94-250 Łódź (9p)

email: tomaszkb@gmail.com

Prezentacja plakatowa pt. “Doktorat wdrożeniowy w firmie QWERTY” jest podzielona na dwie odrębne części tematyczne. Pierwsza z nich poświęcona jest problematyce druku metodą ink-jet prostych układów elektrycznych w siedzibie QWERTY w warunkach przemysłowych, natomiast druga cienkowarstwowym urządzeniom fotowoltaicznym wykonywanych w Katedrze Fizyki Molekularnej z nowych polimerów półprzewodnikowych, które po wykazaniu odpowiednich właściwości mogłyby zostać wykorzystane na skalę przemysłową w firmie QWERTY.

Prostym układem elektrycznym nazwany jest kondensator płaski, którego elektrody drukowane są atramentem przewodzącym opartym o nanocząstki srebra natomiast warstwa izolacyjna z roztworów komercyjnych żywic utwardzanych światłem UV lub łatwo rozpuszczalnych polimerów. Dotychczas poprawną izolację pomiędzy elektrodami udało uzyskać się tylko za pomocą żywic utwardzanych UV, natomiast w dalszym ciągu prowadzone są poszukiwania rozpuszczalnego polimeru, który będzie miał odpowiednie właściwości izolujące oraz umożliwiające jego druk metodą ink-jet, poza kilkoma komercyjnymi polimerami został sprawdzony również szereg kopolimerów akrylowych zsyntezowanych w firmie QWERTY.

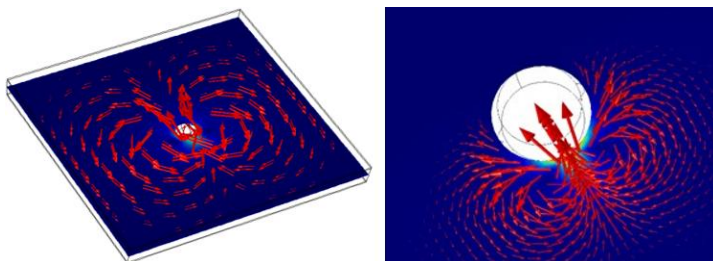
Część poświęcona układom fotowoltaicznym opisuje uzyskane parametry fotoogniw opartych na dwóch różnych polimerach zbudowanych z pochodnej benzoditiofenu oraz fluorowanych w pozycjach 6,7 pochodnych chinoksaliny z różnymi podstawnikami w pozycjach 2,3. Dodatkowo zaprezentowany zostanie wpływ grubości warstwy PDINO (pochodnej diimiduperylenu – PDI), pełniącą rolę interfejsu pomiędzy warstwą aktywną ogniw, a naporowywaną elektrodą aluminiową. Przy zastosowaniu obydwu omawianych polimerów udało się uzyskać wydajność konwersji mocy światła przekraczającą 7,5%.

MECHANIZM WZROSTU KRYSTAŁÓW MOLEKULARNYCH Z WYKORZYSTANIEM EFEKTU MARANGONIEGO

Katarzyna Grześkiewicz¹

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny,
Katedra Inżynierii i Modelowania Materiałów Zaawansowanych
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
234099@student.pwr.edu.pl

Powstawanie zarodków krystalizacji obserwuje się zazwyczaj w miejscach układu, gdzie temperatura jest niższa i ustabilizowana, rozpuszczalnik ma czas na swobodne odparowanie, a gromadzenie cząstek substancji krystalizującej jest procesem powolnym. Zauważono jednak, że dzięki działaniu wiązki intensywnego światła laserowego można przyspieszyć proces zarodkowania. Ogrzewanie cieczy za pomocą lasera w połączeniu z optotermicznym efektem Marangoniego może wytwarzać przepływy masy, prowadząc do powstawania wirów, w których absorbujące cząstki barwnika poruszają się po swoich torusach. Wiązka Gaussowska działająca na cienką, pochłaniającą światło warstwę cieczy zamkniętą między dwiema szklanymi płytkami, dzięki względnie silnej absorpcji światła przez rozpuszczony barwnik ogrzewa lokalnie układ. Szybki, miejscowy wzrost temperatury generuje powstawanie pęcherzy gazu i jest niezbędnym warunkiem ich wychwytywania^[1].



Schemat 1. Modelowane 3D zjawisko pułapkowania pęcherzyków gazu oraz wpływu cieczy do ich środka. Strzałki wskazują kierunek i wielkości prędkości strumieni płynu wokół pęcherza gazu na który działa źródło ogrzewania laserowego.

Duże składowe prędkości strumieni płynu pozwalają na przedostanie się roztworu do wnętrza pęcherza^[2]. Wiązka lasera, uderzająca w środek pęcherza

gazu, podgrzewa jego temperaturę, powodując tym samym parowanie rozpuszczalnika i duże stężenie lokalne barwnika. Przy odpowiednio dobranych parametrach doświadczenia, warunki wewnątrz pęcherza sprzyjają krystalizacji mono- oraz polikryształów.

Podziękowania dla prof. dr hab. inż. Andrzeja Miniewicza za pomoc merytoryczną oraz Wydziałowi Chemicznemu Politechniki Wrocławskiej za sfinansowanie udziału w konferencji.

¹ A. Miniewicz, C. Quintard, H. Orlikowska, S. Bartkiewicz, On the origin of the driving force in the Marangoni propelled gas bubble trapping mechanism, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2017, 19, 18695

² S. Bartkiewicz, A. Miniewicz, Whirl-enhanced continuous wave laser trapping of particles, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2015, 17, 1077.

WYZWANIA INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ W TECHNOLOGII KABLI ŚWIATŁOWODOWYCH

Maciej Danek^{1,2}, Marcin Kozanecki¹, Mateusz Lutomski²

¹ *Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny, Katedra Fizyki Molekularnej,
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź,*

Email: maciej.danek@edu.p.lodz.pl

² *Corning Optical Communications Polska Sp. z o.o., Smolice 1e, 95-010 Stryków*

Włókno światłowodowe jest zasadniczo cienkim i wysoce transparentnym prętem o odpowiednio zmodyfikowanym profilu współczynnika załamania światła przekroju w celu osiągnięcia efektu całkowitego wewnętrznego odbicia. W telekomunikacji, włókna światłowodowe stanowią przewody transmitujące krótkie impulsy świetlne reprezentujące informację w systemie binarnym między odległymi urządzeniami. Od czasu wynalezienia pierwszego włókna światłowodowego o niskiej stratności w laboratorium firmy Corning w 1970 roku technologia kabli światłowodowych odnotowała znaczący postęp, stając się obecnie dominującym środkiem do transmisji danych w nowoczesnych szkieletowych sieciach telekomunikacyjnych. Na świecie zainstalowanych jest już ponad 3 miliardy km włókna światłowodowego, gdzie pojedyncze nisko-stratne włókno światłowodowe pozwala na transmisję danych z przepustowością do 20 Tb na sekundę na dystansie ponad 200 km bez konieczności wzmocnienia sygnału^[1-4].

Pomimo wielu zalet, telekomunikacja światłowodowa ma również pewne ograniczenia. Nagie włókno światłowodowe zazwyczaj nie jest używane bez wzmocnienia w postaci odpowiedniej konstrukcji kablowej w celu ochrony przed czynnikami które mogą je uszkodzić w czasie instalacji i/lub w docelowym obszarze zastosowań. Opracowano bogaty arsenał rozwiązań konstrukcyjnych w celu utrzymania wysokiej przepustowości transmisji w kablu światłowodowym, co wymaga zastosowania ochrony przed wieloma czynnikami, np.: różnymi obciążeniami mechanicznymi, deformacją, ekstremalnymi temperaturami, promieniowaniem ultrafioletowym, penetracją przez wodę i chemikalia czy dzikimi zwierzętami. Konstrukcja kabla światłowodowego musi uwzględniać również łatwość instalacji, możliwość jednoznacznej identyfikacji włókna i sprawnego łączenia, wymagania w zakresie obecności lub braku elementów przewodzących prąd elektryczny, bezpieczeństwo w przypadku pożaru, niezawodność w całym okresie

użytkowania oraz aspekty ekonomiczne^[1,3,4]. Nowoczesna technologia kablowa wciąż się rozwija wykorzystując najnowsze zdobycze inżynierii materiałowej. W swojej prezentacji autor nakreślił najważniejsze wyzwania dla inżynierii materiałowej w nowoczesnej technologii kabli światłowodowych.

Badania finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu „Doktorat Wdrożeniowy” we współpracy z Corning Optical Communications Sp. z o.o.

¹ G. Mahlke, P. Gössing, Fiber Optic Cables: Fundamentals, Cable Design, System Planning (4th, revised and enlarged edition); Munich. Publicis MCD Corporate Publishing, 2001.

² Article: “How It Works: Optical Fiber” in Corning Incorporated official webpage in section: Innovation / The Glass Age / Science of Glass. Available at: <https://www.corning.com/emea/en/innovation/the-glass-age/science-of-glass/how-it-works-optical-fiber.html> (access date 21-07-2019)

³ J. Downing, Fiber-optic Communications; Clifton Park, NY. Thomson Delmar Learning, 2004.

⁴ B. P. Pal, Fundamentals of Fibre Optics in Telecommunication and Sensor Systems. New Delhi. New Age International Publishes Ltd., 1992 (reprint 2005).

PLAKATY

WŁAŚCIWOŚCI I ZASTOSOWANIA CIENKICH WARSTW NANORUREK WĘGLOWYCH OTRZYMANÝCH METODĄ LANGMUIRA-SCHAEFERA

K. Rytel¹, K. Kędzierski¹, B. Barszcz², M. Ziółkowski¹

¹ *Institut Fizyki, Wydział Fizyki Technicznej, Politechnika Poznańska,
Piotrowo 3, 60-965 Poznań*

² *Institut Fizyki Molekularnej, Polska Akademia Nauk,
Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań*

Nanorurki węglowe (CNT z ang. carbon nanotube) od czasu ich odkrycia w 1991 roku zainspirowały wielu badaczy z całego świata^[1]. Ich właściwości optoelektroniczne pozwalają na stosowanie tego materiału m. in. jako transparentne elektrody. Warunkiem koniecznym zastosowania CNT jest możliwość uzyskania wielkoskalowych jednorodnych cienkich warstw. Obecnie większość badań skupia się nad rozwiązaniem takich problemów jak zwiększenie transmitancji światła w zakresie widzialnym, redukcja oporu powierzchniowego i uporządkowanie horyzontalne CNT w warstwie. Redukcja oporu powierzchniowego poniżej wartości $100 \Omega/\square$ przy jednoczesnym zachowaniu transmitancji powyżej 90% w zakresie widzialnym pozwoli na zastąpienie obecnie stosowanych warstw tlenku cyny i indy (ITO). Mimo, że poszczególne CNT charakteryzują się dobrym przewodnictwem elektrycznym, oporność warstw CNT jest zbyt duża, aby można było ją zastosować w praktyce. Główną przyczyną wysokiej odporności warstw CNT są złącza CNT-CNT o wysokim oporze.

W obecnej pracy przedstawione zostały właściwości optoelektroniczne warstw CNT otrzymanych metodą Langmuira-Schaefera oraz przykłady ich zastosowań. Wykazano, że rezystancja powierzchniowa warstwy jest ściśle powiązana ze średnicą użytych nanorurek^[2,3]. Badania elektryczne jak i optyczne wykazały anizotropię badanego układu. Na zwiększenie się anizotropii otrzymanej warstwy dominujący wpływ ma ciśnienie powierzchniowe przy którym warstwa jest przenoszona na podłoże stałe. Wykonano, także badania elektryczne otrzymanych warstw CNT w zakresie temperatur od 300 K do 40 K. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że w zależności od zakresu temperatur obserwowane są dwa mechanizmy przewodzenia warstwy: przeskok ładunku o zmiennym zasięgu (VRH z ang. Variable Range Hopping) oraz przeskok ładunku do najbliższego

sąsiada (NNH z ang. Nearest Neighbor Hopping)^[4]. W końcowej części pracy wykazano, że badane warstwy mogą być zastosowane jako ultra lekkie pokrycie kolektorów prądowych w ogniwach litowo-jonowych w celu poprawy ich parametrów elektrochemicznych^[5].

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki (2016/21/N/ST8/03557).

¹ S. Iijima, Nature 354, 56-58 (1991),

² K. Kędzierski, B. Barszcz, A. Biadasz, et al. Prog. Org. Coat. 86, 86–95 (2015),

³ K. Kędzierski, K. Rytel, Ł. Majchrzycki, et al. Thin Solid Films, 589, 701–706 (2015),

⁴ K. Kędzierski, K. Rytel, B. Barszcz, et al. Org. Electron. physics, Mater. Appl., 43, 253–261 (2017),

⁵ K. Rytel, D. Waszak, K. Kędzierski, et al. Electrochim. Acta, 222, 921-925 (2016).

WPLYW ŚREDNICY WIEŁOŚCIENNYCH NANORUREK WĘGLOWYCH NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE ELEKTRYCZNE I OPTYCZNE WARSTW LANGMUIRA-SCHAEFERA

K. Rytel¹, K. Kędzierski¹, B. Barszcz², M. Widelicka², M. Ziółkowski¹

¹ *Institut Fizyki, Wydział Fizyki Technicznej, Politechnika Poznańska,
Piotrowo 3, 60-965 Poznań*

² *Institut Fizyki Molekularnej, Polska Akademia Nauk,
Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań*

Nanorurki węglowe (CNT) są szeroko stosowane do budowy urządzeń takich jak tranzystory, czujniki czy transparentne elektrody. W tym celu wymagane jest wytworzenie warstwy o pożądanej nanostrukturze. Przykładem takich struktur są warstwy o wysokim (a najlepiej idealnym) horyzontalnym uporządkowaniu CNT. Istnieje wiele metod umożliwiających kontrolę gęstości, uporządkowania oraz umiejscowienia CNT. Jednak otrzymanie wielkoformatowej warstwy nadal pozostaje wyzwaniem. Metoda Langmuira-Schaefera (LS) pozwala na precyzyjną kontrolę wyżej wymienionych parametrów. Uzyskanie warstw o wysokiej anizotropii nie jest możliwe dla wszystkich typów CNT. Przykładowo, dla jednościennej półprzewodnikowych nanorurek węglowych możliwe jest uzyskanie prawie idealnej anizotropii ułożenia, podczas gdy przy zastosowaniu tej samej metody dla CNT o średnicach 120 nm skutkuje otrzymaniem warstw izotropowych^[1,2].

W ramach niniejszej pracy wytworzone zostały warstwy LS złożone z wielościennych nanorurek węglowych o średnicach wynoszących odpowiednio 9, 11, 15, 16 i 18 nm. Następnie określono wpływ średnicy zastosowanych CNT na morfologię warstwy. Wyznaczono opór powierzchniowy otrzymanych warstw w kierunku prostopadłym i równoległym względem położenia bariery. Za pomocą spektroskopii UV-Vis określono położenie pasma II plazmonowego, a także zbadano warstwy pod kątem zastosowania jako transparentne elektrody. Dodatkowo obliczono zespolone moduły ściśliwości i ścinania warstw na granicy faz woda-powietrze. Uzyskane wyniki skorelowano z anizotropią oporu powierzchniowego warstw.

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki (2016/21/N/ST8/03557).

- ¹ Q. Cao, S.Han, G. Tulevski, et al. Nature Nanotech. 8, 180-186 (2013),
- ² K. Kędzierski, B. Barszcz, A. Biadasz, et al. Prog. Org. Coat. 86, 86–95 (2015).

MECHANIZMY TRANSPORTU ŁADUNKU W CIENKICH WARSTWACH NANORUREK WĘGLOWYCH

Kamil Kędzierski¹, Karol Rytel¹

¹ Politechnika Poznańska, Wydział Fizyki Technicznej, Instytut Fizyki,
Piotrowo, 3, 61-138, Poznań

Odkąd Ijima w 1991 roku dokonał swojego wielkiego odkrycia^[1] nanorurki węglowe (CNTs) skupiają uwagę naukowców wielu różnych dziedzin. Ze względu na właściwości mechaniczne, wysoką odporność termiczną i chemiczną oraz przewodnictwo elektryczne i cieplne, nanorurki węglowe dają ogromne możliwości zastosowania.

Jednym z ciekawszych obszarów badań prowadzonych nad nanorurkami węglowymi jest tworzenie cienkich warstw CNTs, które można wykorzystać jako transparentne elektrody o wysokiej przewodności za równo cieplnej jak i elektrycznej. W celu wytworzenia cienkiej warstwy nanorurek węglowych stosuje się wiele metod takich jak: osadzanie elektroforetyczne^[2], osadzanie w obecności pola magnetycznego^[3] czy osadzanie z granicy faz woda – powietrze (metoda Langmuira (L)). Ostatnia z tych metod jest bardzo interesująca, ponieważ pozwala na wytwarzanie monowarstw materiału na podłożu stałym. Jednak, aby ograniczyć agregację CNTs na granicy faz woda – powietrze konieczna jest funkcjonalizacja nanorurek^[4-6], która pogarsza ich właściwości. Warstwy L przeniesione na podłoża stałe charakteryzują się wysoką transmisją promieniowania z zakresu widzialnego oraz stosunkowo wysokim oporem elektrycznym. Aby zastosować te warstwy jako transparentne elektrody konieczne jest poprawienie przewodnictwa elektrycznego warstw. W niniejszej pracy prezentowane są wyniki badań mechanizmu transportu ładunku w cienkich warstwach nanorurek węglowych uzyskanych metodą Langmuira.

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki grant nr 2015/17/N/ST8/00295

¹ S. Ijima, Nature, 354, 1991, 56

² A. R. Boccaccini, Carbon, 44, 2006, 3149–3160

³ B. B. Wang, Adv. Mater., 22, 2010, 3067–3070

⁴ Y. Kim, Jpn. J. Appl. Phys., 42, 2003, 7629–7634

⁵ Chia-Ling Lo, *Synthetic Metals*, 160, 2010, 2219–2223

⁶ G. Giancane, *Adv. Funct. Mater.*, 20, 2010, 2481–2488

POLI(WĘGLANO-URETANY) WYKAZUJĄCE EFEKT PAMIĘCI KSZTAŁTU

**Karolina Rolińska^{1,2}, Paweł Parzuchowski¹, Andrzej Sikorski²,
Magdalena Mazurek-Budzyńska¹**

¹ *Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii i Technologii
Polimerów, ul. Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa*

² *Uniwersytet Warszawski, Wydział Chemiczny, Zakład Chemii Teoretycznej
i Krytalografii, ul. Pasteura 1, 02-093 Warszawa*

E-mail: krolinska@ch.pw.edu.pl

Polimery charakteryzujące się pamięcią kształtu należą to grupy materiałów inteligentnych. Zjawisko pamięci kształtu polega na zmianie kształtu pierwotnego tworzywa, podczas procesu programowania, gdzie przechodzi ono w kształt tymczasowy. Oddziaływanie określonym czynnikiem zewnętrznym, takim jak zmiana temperatury umożliwia powrót tworzywa do kształtu podstawowego. Stanowią one grupę materiałów, która może znaleźć zastosowanie w dziedzinie biomedycyny, także w przypadku artykułów wszczepialnych. Poliuretany oraz poliwęglany znalazły zastosowanie właśnie w tej dziedzinie.

Perspektywiczną grupą polimerów z pamięcią kształtu są poli(węglano-uretany). W omawianej pracy otrzymano je na drodze poliaddycji diizocyjanianów z zastosowaniem oligowęglanów alkilenów charakteryzujących się różnymi masami molowymi. Oligowęglany otrzymane zostały w syntezie dwuetapowej z zastosowaniem 1,10-dekanodiolu. W etapie pierwszym otrzymano bis(metylowęglany)alkilenu, a następnie przeprowadzono dalszą syntezę z 1,10-dekanodiolem. Kolejny etap stanowiła poliaddycja diizocyjanianu izoforonu oraz oligowęglanodiolu, po czym prepolimer utwardzano z zastosowaniem pary wodnej.

Realizacja badań z różnorodnymi oligowęglanodiolami, jak i związkami wielohydroksylowymi w reakcji z diizocyjanianami umożliwi lepsze określenie charakterystyki poli(węglano-uretanów) związanej ze zjawiskiem pamięci kształtu. Ponadto, przeprowadzone badania umożliwią zoptymalizowanie syntezowanych materiałów pod kątem ich późniejszego zastosowania w obszarze biomedycyny.

Projekt nr POWR.03.02.00-00-I007/16-00 realizowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020 współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

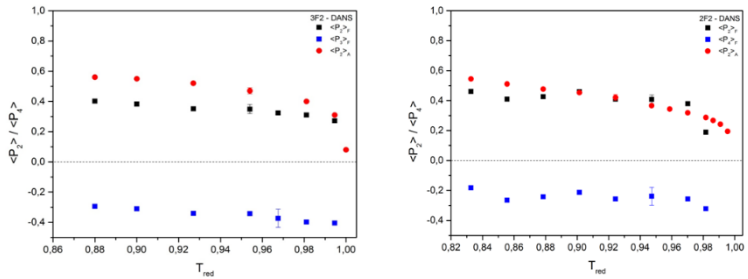
OKREŚLENIE PARAMETRU UPORZĄDKOWANIA CIEKŁEGO KRYSZTAŁU Z WYKORZYSTANIEM METOD SPEKTROSKOPII OPTYCZNEJ

Justyna Stachera¹, Ewa Chrzumnicka¹, Eryk Wolarz¹

¹*Politechnika Poznańska, Wydział Fizyki Technicznej,
Zakład Mikro – i Nanostruktur Piotrowo 3,60-965, Poznań*

Ciekłe kryształy traktowano jako ciekawostkę naukową, lata siedemdziesiąte ubiegłego stulecia przyczyniły się do znacznego zainteresowania i rozwoju tej gałęzi nauki. Ciekłe kryształy stanowią klasę miękkiej fazy skondensowanej, posiadającą przeciwstawne właściwości związane z płynnością jak i oddziaływaniami dalekiego zasięgu. Najbardziej znaną możliwością aplikacyjną są płaskie wyświetlacze ciekłokrystaliczne^[1]. Ta gałąź przemysłu rozwija się bardzo prężnie, co prowadzi do poszukiwań nowych rozwiązań, a co za tym idzie materiałów o odpowiednich właściwościach. Rynek komercyjny wprowadził matrycę ciekłokrystaliczną pracującą w trybie VA (*Vertical Aligment Mode*), która wymaga obecności ciekłych kryształów z ujemną anizotropią dielektryczną, bardzo dobrą stabilnością chemiczną, dużym zakresem występowania mezofazy oraz niskim napięciem progowym^[2]. Te wymagania spełniają ciekłe kryształy z atomem fluoru w roli podstawnika.

Badaniom poddano dwa ciekłe kryształy: terfenyl cyjanowy (2F2) i terfenyl alkilowy (3F2). Oba związki różniły się grupą funkcyjną oraz położeniem atomu fluoru. Możliwości aplikacyjne zostały określone metodami spektroskopii optycznej. Ciekłe kryształy nie absorbują promieniowania w świetle widzialnym, a w zakresie ultrafioletu pierścienie benzenowe utrudniają pomiar ze względu na wysokie wartości absorbancji. Konieczne jest wprowadzenie domieszki w postaci barwnika dichroicznego rozpuszczonego w ciekłym kryształ. Tak przygotowana mieszanina zostaje poddana badaniom metodom spektroskopii absorpcyjnej oraz emisyjnej w świetle spolaryzowanym. Uzyskane wyniki dostarczają informacji o dalekozasięgowym parametrze uporządkowania.



Rysunek 1. Zależność parametrów uporządkowania $\langle P_2 \rangle$, $\langle P_4 \rangle$ w funkcji temperatury zredukowanej dla mieszanin 3F2/2F2 – DANS.

Badania finansowane były przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu realizowanego na Wydziale Fizyki Technicznej, Politechnika Poznańska (dawniej:06/65/DSPB/5181)

[1] J.P.F. Lagerwall, G. Scalia, *Current Applied Physics*, 2012, Vol. 12, 1387-1412

[2] M. Hird, *Chemical Society Reviews*, 2007, vol. 36(12), 2070 -2095

WIDMA ELEKTROABSORPCJI DWURDZENIOWEGO BIPIRYDYNOWEGO KOMPLEKSU RUTENU B2

Marcin Subotowicz¹, **Maciej Klein**¹, **Daniel Pelczarski**¹, **Piotr Grygiel**¹,
Maciej Zalas², **Małgorzata Makowska-Janusik**³, **Waldemar Stampor**¹

¹ *Katedra Fizyki Zjawisk Elektronowych, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki
Stosowanej, Politechnika Gdańska, Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

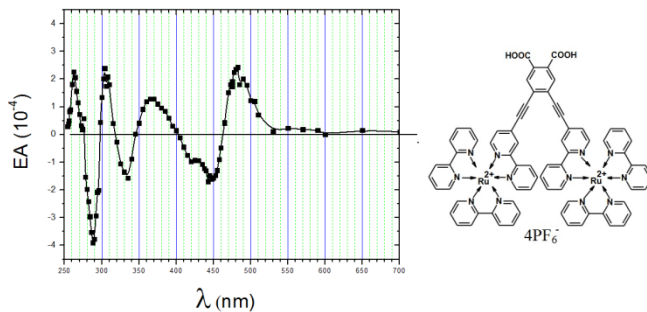
² *Zakład Chemii Supramolekularnej, Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama
Mickiewicza w Poznaniu, Umultowska 89b, 61-614 Poznań*

³ *Instytut Fizyki, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Uniwersytet im. Jana Długosza
w Częstochowie, al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa*

email: marcinmir@o2.pl

Barwnikowe ogniwa fotowoltaiczne cieszą się szerokim zainteresowaniem ze względu na stosunkowo duże wydajności konwersji energii słonecznej na energię elektryczną (powyżej 10%)^[1]. Zgodnie z literaturą przedmiotu wydajność takiego ogniwa jest uwarunkowana w głównej mierze procesem transferu elektronu i rekombinacji nośników ładunku na granicy półprzewodnik/barwnik^[2]. W rozpatrywanych tu układach ważną kwestią jest określenie udziału elektronowych stanów jonowych TiO₂ w stanie wzbudzonym, wytworzonym bezpośrednio po absorpcji fotonu przez molekułę barwnika, zaadsorbowaną na powierzchni półprzewodnika. Większy wkład stanów jonowych powinien znaleźć swój wyraz w większej zmianie trwałego momentu dipolowego po wzbudzeniu, co może zostać zaobserwowane przez pomiar widm elektroabsorpcji (EA).

W niniejszej pracy będą analizowane widma EA zarejestrowane dla kompleksu B2 w postaci litych warstw i monowarstw molekuł tego kompleksu zaadsorbowanych na powierzchni nanokrystalicznego TiO₂.



Rys. 1. Widmo elektroabsorpcji w układzie Al/B2/Al w polu elektrycznym o wartości skutecznej 10^6 V/cm.

Praca finansowana w ramach projektu NCN Umowa Nr UMO-2017/25/B/ST8/01864.

¹ A. Hagfeldt, G. Boschloo, L. Sun, L.Kloo, H. Pettersson, *Chemical Reviews*, 2010, 110, 6595-6663.

² M.Zalas, B.Gierczyk, A.Bossi, P. R. Mussini, M. Klein, R. Pankiewicz, M. Makowska-Janusik, Ł. Popenda, W. Stampor, *Dyes and Pigments*, 2018, 150, 335-346.

DLACZEGO HERBATA ZMIENIA KOLOR PO DODANIU SOKU Z CYTRYNY - BADANIA SPEKTROSKOPOWE

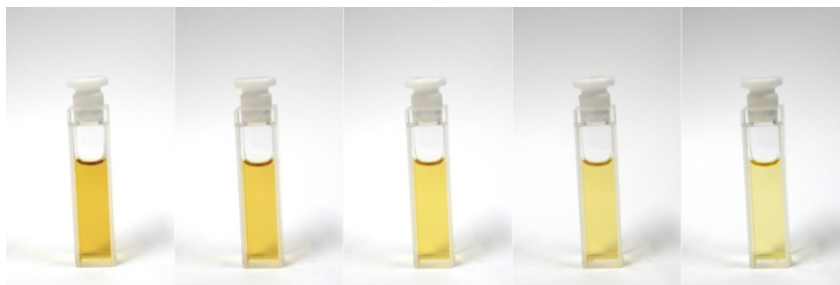
Michał Ziółkowski¹, Karol Rytel¹, Kamil Kędzierski¹

¹ Politechnika Poznańska, Wydział Fizyki Technicznej, Zakład Fizyki Molekularnej
ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań

E-mail: michal.ja.ziolkowski@student.put.poznan.pl

Herbata, spożywana w postaci naparu znana jest ludzkości już od kilku tysięcy lat. Nie licząc wody, herbata jest najczęściej spożywanym napojem na świecie, ze średnim spożyciem wynoszącym około 120 mL dziennie^[1]. Liczba jej gatunków i wynikająca z niej szeroka gama smaków herbat sprawiają, że napój ten zaspokaja najbardziej wyszukane gusta. Głównymi barwnikami odpowiadającymi za kolor herbaty to m.in. flawonoidy oraz teaflawiny^[2].

W kulturze narodów środkowej i wschodniej Europy jednym z popularnych dodatków do herbaty jest cytryna, która jest cennym źródłem witaminy C, czyli kwasu askorbinowego (ok 53 mg w 100 g soku). Kwas askorbinowy to organiczny związek chemiczny z grupy nienasyconych alkoholi polihydroksylowych. Jest niezbędny do funkcjonowania organizmów. Niektóre gatunki są w stanie go wytwarzać, inne, w szczególności ludzie, muszą go dostarczać w pożywieniu. Kwas askorbinowy jest także znanym przeciwutleniaczem, znajdującym zastosowanie m.in. w gastronomii. Po dodaniu soku z cytryny herbata zmienia nie tylko smak ale także zmienia kolor (jak pokazano na rys. 1) co skłoniło nas do podjęcia próby wyjaśnienia mechanizmu tych zmian wykorzystując badania spektroskopowe.



Rys. 1 Zdjęcia przedstawiające zmianę koloru wraz z dodawaniem do herbaty coraz większej ilości soku z cytryny.

Zaprezentowane zostaną wyniki badań własności spektroskopowych herbaty typu Earl Grey, kwasu askorbinowego oraz ich mieszanin. Zbadana została absorbancja w zakresie 175-900 nm oraz fluorescencja w zakresie 300-900 nm, dla wzbudzenia światłem o długości fali 290 nm. Na podstawie uzyskanych wyników wyjaśniono proces zmiany koloru herbaty.

¹ D.L. McKay, J.B. Blumberg, *J. Am. Coll., Nutr.*, 2002, 21, 1–13

² Y. Liang, J. Lu, L. Zhang, S. Wu, Y. Wu, *Food chemistry*, 2003, 80, 283-290

Notes



Politechnika
Łódzka



kryształki2019.p.lodz.pl

www.lodzkie.pl

promujelodzkie.pl

